

*Pemilihan Bahan Pemegang Kawat Nikelin untuk Sistem Pemanas (Eddy Santoso)*Akreditasi LIPI Nomor : 536/D/2007
Tanggal 26 Juni 2007

PEMILIHAN BAHAN PEMEGANG KAWAT NIKELIN UNTUK SISTEM PEMANAS

Eddy Santoso dan Safei Purnama*Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) - BATAN
Kawasan Puspiptek Serpong 15314, Tangerang*

ABSTRAK

PEMILIHAN BAHAN PEMEGANG KAWAT NIKELIN UNTUK SISTEM PEMANAS.

Pengukuran konduktivitas ionik bahan sebagai fungsi suhu dapat dilaksanakan apabila tersedia sebuah pemanas yang dibuat khusus sesuai dengan kebutuhan. Untuk menunjang penelitian tersebut dilakukan percobaan untuk mendapatkan bahan untuk pemegang elemen pemanas yang tahan suhu tinggi, mudah didapat di pasaran lokal dan diproses dengan metode cor. Pada penelitian ini telah dicoba beberapa bahan untuk pemegang elemen pemanas yaitu tanah liat, kompon gips, semen putih dan semen abu-abu. Hasil uji menunjukkan bahwa bahan yang baik untuk pemegang elemen pemanas kawat nikelin adalah semen abu-abu. Sistem pemanas yang dikontrol dengan suhu kontrol TZ4M-14S, telah diuji dari suhu kamar sampai 450 °C dengan ketelitian $\pm 0,5$ °C dan sistem pemanas dapat digunakan sampai suhu maksimum 700 °C.

Kata kunci : Pemegang kawat nikelin, Sistem pemanas, Metode cor

ABSTRACT

MATERIALS SELECTION FOR NICKEL WIRE HOLDER OF HEATER SYSTEM.

Measurement of ionic materials conductivity as a function of temperature can be done if a special furnace is available. In order to support the research, an experiment was carried out to obtain a specific material for the heating element holder which can be used at high temperature, widely available in the local market and easily processed by casting method. At this experiment some materials such as clay, gips compound, grey and white cement have been tested. The test result indicate that the best material to be used as an holder of nickel wire heating element is grey cement. Heating system controlled by TZ4M-14S temperature controller, have been tested from room temperature to 450 °C with ± 0.5 °C in accuracy and it can be used with maximum temperature of 700 °C.

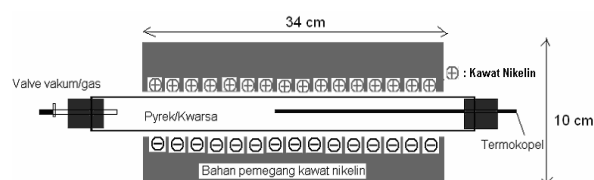
Key words : Nickel wire holder, Heater system, Casting method

PENDAHULUAN

Sistem pemanas sangat diperlukan di laboratorium, khususnya pada penelitian bahan konduktor ionik yang mempunyai persyaratan khusus, diantaranya dapat divakum atau dialirkan gas tertentu. Sehingga pada waktu dilakukan pemanasan tidak terjadi oksidasi dengan udara luar, karena oksidasi dapat mengubah fasa bahan. Untuk itu perlu dilakukan pembuatan sistem pemanas dengan menggunakan bahan yang mudah didapat sebagai pemegang elemen pemanas dan suhunya dapat dikontrol. Pengukuran konduktivitas dan energi aktivasi bahan konduktor ionik dengan variasi suhu yang dikontrol, presisi dan dapat dicapai dengan cepat merupakan persyaratan yang harus dipenuhi dalam penelitian bahan konduktor ionik [1].

Pada proses pembuatan sistem pemanas dengan dimensi 10 cm x 10 cm x 34 cm dan diameter dalam 5,6 cm,

yang harus dibuat diantaranya pemegang elemen pemanas (kawat nikelin) dengan tebal 0,2 mm, lebar 3 mm dan panjang 10 m yang mempunyai total hambatan 28 Ω ditempatkan di dalam sistem pemanas seperti Gambar 1.



Gambar 1. Penampang sistem pemanas.

Untuk itu diperlukan bahan yang dapat dibentuk menjadi pemegang elemen pemanas yang tahan panas dan tidak terjadi retak-retak karena penyusutan bahan dalam proses pengeringan maupun pemanasan.

Bahan pemegang elemen pemanas pada umumnya menggunakan bahan keramik yang dalam pembuatannya membutuhkan tungku yang besar dan mampu mencapai suhu diatas 1500 °C. Karena tungku yang mempunyai kemampuan tersebut di atas sulit didapat maka pembuatan pemegang elemen pemanas dari keramik tidak dilakukan. Sehingga digunakan bahan lain sebagai pengganti keramik yang berfungsi untuk memegang elemen pemanas [2].

Sistem pemanas yang ada dipasaran banyak jenisnya seperti merek *Thermoline*, tetapi dimensi yang diinginkan sesuai dengan di atas sulit didapat dan harganya relatif cukup tinggi.

Pada penelitian ini, bahan pemegang elemen tersebut dicoba dari bahan yang mudah didapat didalam negeri, diantaranya tanah liat, gips, semen putih dan semen abu-abu. Pada bahan-bahan tersebut dilakukan pengujian awal sebelum digunakan dengan metode *casting* (pencetakan) [3-6], dimana bahan dicampur dengan air, dilakukan pencetakan (pembentukan), kemudian dikeringkan dan dipanaskan sekitar 900 °C. Dari hasil pemanasan dilakukan uji sifat fisika dan mekanika. Dari hasil uji yang cukup baik akan digunakan untuk bahan pemegang elemen pemanas.

Tujuan percobaan ini adalah untuk mendapatkan dan mengetahui proses pembuatan bahan yang dapat digunakan untuk pemegang elemen pemanas dan dibuat sistem pemanas sesuai dengan kebutuhan dalam penelitian konduktivitas dan aktivasi ionik bahan.

METODE PERCOBAAN

Bahan

Untuk menentukan bahan pengganti keramik yang dapat digunakan untuk pemegang elemen pemanas pada penelitian ini telah dilakukan pengujian dari 4 jenis bahan alternatif yaitu; tanah liat, kompon gips, semen putih dan semen abu-abu.

Pengujian Tanah Liat

Tanah liat yang digunakan dalam pengujian ini adalah tanah liat yang diambil dari galian di sekitar kawasan Puspiptek, Serpong.

Prosesnya sebagai berikut: Bongkahan tanah dihancurkan dan diayak dengan ram nyamuk yang terbuat dari plastik, sehingga didapat hasil ayakan (halus) dan sisa ayakan (kasar). Kemudian dibuat tiga macam adonan (sampel) yaitu: (a). Hasil ayakan, (b). Sisa ayakan dan (c). Campuran (a) dan campuran (b) dengan perbandingan 1 : 1. Masing-masing diberi air secukupnya dan diproses sampai menjadi tanah liat, lalu dimasukkan kedalam cetakan (5cm x 10cm x 1cm) dan dikeringkan. Setelah kering dilakukan pemanasan 800 °C selama 14 jam.

Pengujian Kompon Gypsum, Semen Putih dan Semen Abu-abu

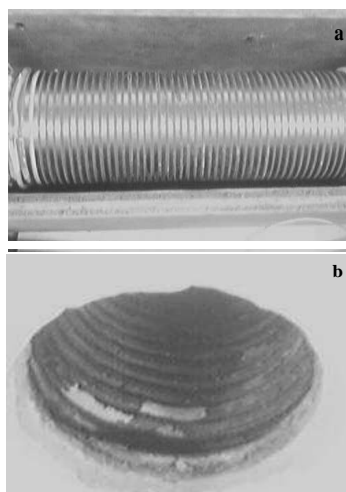
Pada pengujian kompon gips, semen putih dan semen abu-abu, masing-masing bahan dicampur dengan air sehingga menjadi adonan (pasta). Ketiga adonan dicetak dengan menggunakan cetakan yang sama dengan cetakan tanah liat. Setelah kering ternyata ketiga bahan tersebut tidak mengalami penyusutan.

Untuk mengetahui ketahanannya terhadap panas, ketiga lempengan bahan tersebut dipanaskan dengan tungku sampai suhu 700 °C selama 3 jam dan kemudian tungku dimatikan. Setelah suhunya kembali ke suhu ruang, ternyata ketiga bahan tidak mengalami penyusutan dan masih baik fisiknya hanya pada lempengan kompon gips mulai rapuh. Pemanasan dilanjutkan, ketiga lempengan dipanaskan lagi sampai suhu 900 °C selama 3 jam.

Cara Kerja

Pembuatan Pemegang Elemen Pemanas

Parafin dicairkan lalu dicetak dan setelah dingin batang parafin diratakan dengan menggunakan mesin bubut sehingga berbentuk batang dengan diameter 6,5 cm. Kemudian dibuat ulir dengan ukuran 5 ulir/inci dan lebar pahat bubut 2,5mm. Untuk memudahkan penggulungan, pada lembah ulir digulungkan kabel dengan diameter 3mm. Kawat nikelin digulungkan pada batang parafin yang tidak tertutup oleh kabel dan kemudian gulungan kabel dilepas sehingga terjadi gulungan nikelin pada batang parafin seperti pada Gambar 2a. Gulungan ini dimasukkan ke dalam cetakan lalu dicor dengan adonan semen abu-abu dan bagian luarnya dengan semen putih. Setelah kering batang parafin dibuang dengan cara dipanaskan dan jadilah sebuah pemegang elemen pemanas (nikelin) yang penampang dalamnya dapat dilihat pada Gambar 2b.



Gambar 2. (a). Batang parafin yang digulung dengan nikelin dan (b). Penampang dalam pemegang elemen pemanas (nikelin).

Pengujian Karakteristik Elemen Pemanas

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perlakuan dari elemen pemanas yang dibuat setelah dirakit dan digabungkan dengan pengontrol suhu TZ4M-14S buatan Korea. Pengujian dilakukan dengan mengatur suhu *setting* dari 50 °C hingga 450 °C dengan kenaikan 25 °C.

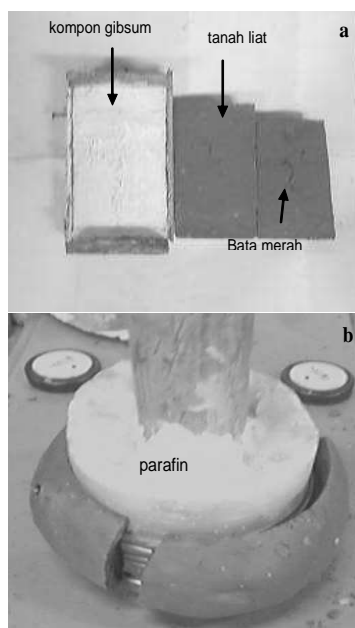
Pengujian Sistem Pemanas

Pengujian sistem pemanas digunakan untuk pengukuran konduktivitas listrik bahan konduktor ionik AgI dan CuI. Bahan tersebut dilakukan pemanasan dengan interval 5 °C dan dilakukan pengukuran besar konduktivitas listriknya dengan alat *LCR meter*. Pengukuran dilakukan dari suhu 25 °C hingga suhu 300 °C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan tanah liat yang dibentuk dan dikeringkan ternyata terjadi penyusutan yang cukup besar ($\pm 7\%$), demikian pula pada proses pemanasan menjadi bata merah terjadi lagi penyusutan $\pm 8\%$ sehingga total penyusutan sekitar 15 %.

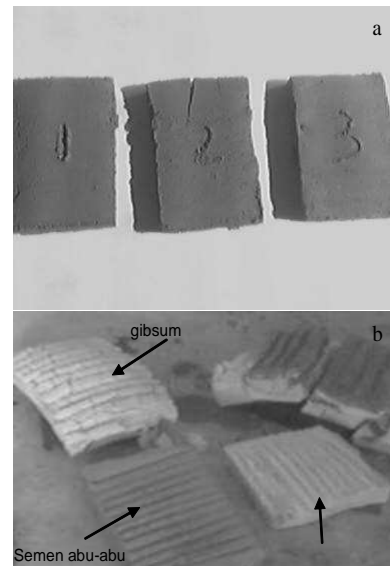
Penyusutan tanah liat dapat dilihat pada Gambar 3 (a) dan Gambar 3 (b) yang mana pada waktu tanah liat masih basah, cincin tanah liat yang berbentuk cincin awalnya menutupi semua permukaan silinder parafin dengan diameter 6 cm. Setelah kering tanah liat menyusut dan menimbulkan keretakan pada dua tempat yang lebarnya ± 1 cm dan $\pm 0,5$ cm, pada Gambar 3 (b) retakan kedua tidak kelihatan karena terhalang oleh parafin.



Gambar 3. (a) Kompon gips, tanah liat sebelum dan setelah dipanaskan sampai 800 °C dan (b) Retak (penyusutan) pada tanah liat.

Telah dicoba membuat pemegang nikelin dari tanah liat, setelah kering alur yang terbentuk pecah-pecah dan pada saat parafinnya dibuang hasilnya berantakan.

Hasil pengujian bata merah yang telah dibuat dengan ukuran 6cm x 4cm dan tebal 7mm seperti pada Gambar 4 (a) ternyata kekuatan dari masing-masing sampel bata hampir sama yaitu ± 3 kg dengan cara menggantungkan beban di tengah-tengah sampel.



Gambar 5. a) Tanah liat setelah dicetak dan dipanaskan hingga 800 °C dan b) Lempengan gips, semen putih dan semen abu-abu setelah dipanaskan sampai 900°C.

Pada pengujian komponen gips, semen putih dan semen abu-abu setelah mengalami proses pemanasan sampai suhu 700 °C, semen putih dan abu-abu masih tahan, tetapi komponen gips sudah mulai retak-retak. Pemanasan dilanjutkan hingga 900 °C, kondisi lempengan komponen sudah retak-retak menuju hancur, semen putih mulai retak-retak tapi masih cukup kuat sedangkan semen abu-abu kondisinya masih utuh seperti pada Gambar 4 (b). Ketiga macam bahan tersebut setelah mengalami proses pemanasan ternyata tidak mengalami penyusutan. Dari hasil pengujian ketiga bahan tersebut, yang terbaik adalah semen abu-abu.

Hasil pengujian perlakuan dari elemen pemanas dapat dilihat pada Tabel 1. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa suhu yang dicapai tidak sama dengan suhu *setting* kecuali pada *setting* 50 °C terdapat perbedaan yang cukup besar. Perbedaan ini membesar untuk *setting* suhu yang lebih tinggi, hal ini terjadi umumnya karena posisi dari sensor panas (termokopel). Pada sistem pemanas ini, termokopel dipasang lebih dekat dengan posisi benda uji yang dipanaskan sehingga suhu yang dibaca lebih mendekati dengan suhu sebenarnya pada benda uji.

Perbedaan yang terjadi pada masing-masing suhu *setting* dan yang dicapai pada Tabel 1 dapat diatasi dengan menggunakan teknik regresi linier. Setelah

dilakukan *fitting* pada kurva antara suhu *setting* dengan faktor koreksi dari tabel 1 maka didapat persamaan garis $Y = 0,0187X - 0,9926$ dengan faktor regresi $R = 0,994$.

Tabel 1. Pengujian sistem pemanas.

Temperatur seting (°C)	Rerata temperatur yang dicapai (°C)	Faktor koreksi (°C)
50	50,0	0,0
75	74,5	0,5
100	99,0	1,0
125	123,5	1,5
150	148,0	2,0
175	172,5	2,5
200	197,5	2,5
225	222,0	3,0
250	246,5	3,5
275	271,0	4,0
300	296,0	4,0
325	320,0	5,0
350	344,5	5,5
375	369,0	6,0
400	393,5	6,5
425	418,0	7,0
450	442,0	8,0

Dengan persamaan garis tersebut dapat dihitung perpotongannya dengan sumbu X yaitu pada $X = 38,635$. Oleh sebab itu untuk mendapatkan suhu yang diharapkan (T_d) pada pengoperasian sistem pemanas ini seting suhu harus ditambah dengan faktor koreksi (F) yang dihitung dengan Persamaan (1) :

$$F = 0,0187(T_d - 38,635) \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

0,0187 = kemiringan

T_d = suhu yang diharapkan.

Untuk mendapatkan suhu 200 °C, faktor koreksi suhu F dapat dihitung dengan Persamaan (2) :

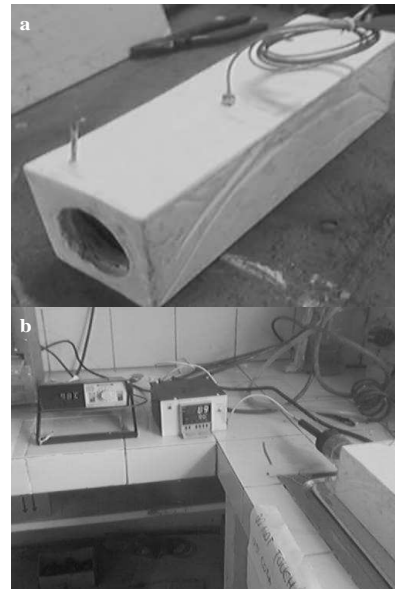
$$F = 0,0187 (200 - 38,635) = 2,7 \dots\dots\dots (2)$$

Oleh sebab itu agar suhu stabil pada 200 °C maka kontroler diset pada 203 °C. Dengan demikian masalah tersebut dapat diatasi dengan menambahkan faktor koreksi (F) pada *setting* suhunya seperti pada hasil pengujian Tabel 2. Data pada Tabel 2 menunjukkan hasil yang cukup baik yaitu hanya terjadi kesalahan 0,5°C pada beberapa *setting* suhu saja.

Tabel 2. Hasil pengujian suhu *setting* setelah terkoreksi.

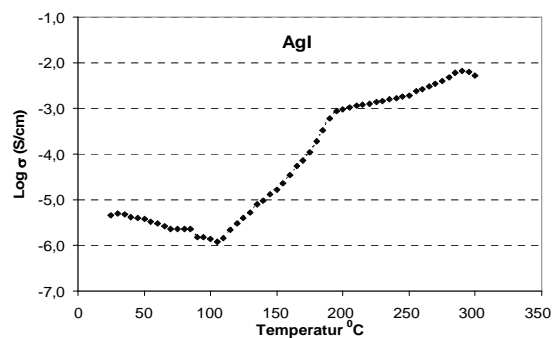
Temperatur yang diinginkan [°C]	Faktor koreksi (F)	Temperatur Seting [°C]	Temperatur yang dicapai [°C]	Simpangan Temperatur [°C]
50	0	50	50	0,0
75	0	75	74-75	0,5
100	1	101	100	0,0
125	1	126	125	0,0
150	2	152	150	0,0
175	2	177	175	0,0
200	3	203	200	0,0
225	3	228	225	0,0
250	4	254	250	0,0
275	4	279	275	0,0
300	5	305	300	0,0
325	5	330	324-325	0,5
350	6	356	350	0,0
375	6	381	375	0,0
400	7	407	400	0,0
425	7	432	424-425	0,5
450	7	457	449-450	0,5

Bentuk elemen pemanas yang telah dibuat dan skema pengujian karakteristik elemen tersebut dilampirkan pada Gambar 5.

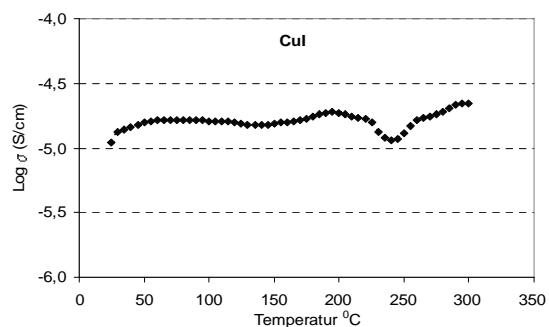


Gambar 5. a) Elemen pemanas yang dibuat (b). Pengujian karakteristik elemen pemanas.

Gambar 6 menunjukkan kurva konduktivitas listrik bahan AgI terhadap suhu, dimana terjadi kenaikan konduktivitas listrik mulai dari suhu 100 °C sampai suhu 200 °C dan dari 200 °C seterusnya kenaikan konduktivitas listrik tidak setajam sebelumnya. Hal ini sesuai dengan



Gambar 6. Kurva konduktivitas ionik terhadap suhu bahan AgI menggunakan sistem pemanas semen abu-abu.



Gambar 7. Kurva konduktivitas ionik terhadap suhu bahan CuI menggunakan sistem pemanas semen abu-abu.

literatur [1], dimana bahan AgI mempunyai fasa γ pada suhu dibawah 150°C , berubah menjadi fasa β diatas 150°C , dan diatas 200°C terjadi fasa α . Sedangkan Gambar 7, menunjukan fasa γ bahan CuI dan dibawah 300°C belum terjadi perubahan fasa.

KESIMPULAN

Tanah liat yang diambil di sekitar Serpong tidak dapat digunakan untuk pemegang elemen pemanas, karena terjadi penyusutan sekitar 15 % pada proses pengeringan dan pemanasan. Bahan pemegang elemen pemanas yang paling baik dalam pembuatan sistem pemanas ini adalah semen abu-abu dibandingkan dengan semen putih atau kompon gips. Sistem pemanas yang dibuat layak dipergunakan dalam penelitian konduktivitas bahan dengan kesalahan yang cukup kecil yaitu $0,5^{\circ}\text{C}$ dan suhu maksimum 450°C .

DAFTAR ACUAN

- [1]. S. CHANDRA, *Principles and Applications Superionic Solids*, North-Holland Publishing Company, (1981)
- [2]. EDDY SANTOSO dkk, Rancang Bangun Sistem Penukar dan Pemanas Cuplikan Otomatis pada Spektrometer Neutron Hamburan Sudut Kecil (SANS), *Jurnal Instrumentasi*, Himpunan Instrumentasi Indonesia, (2007)
- [3]. ROY A. LINDBERG, *Processes and Materials of Manufacture*, Allyn and Bacon, Inc., (1977)
- [4]. WILLIAM F. SMITH, *Principles of Materials Science and Engineering*, Mc Graw-Hill International Editions, (1990)
- [5]. ALBERT G. GUY, JOHN J. AREN, *Elements of Physical Metallurgy*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Philippines, (1974)
- [6]. GEORGE E. DIETER, *Mechanical Metallurgy*, Mc Graw-Hill Book Co-Singapore, (1986)